مراحل وطرق صناعة الكابلات المنخفضة الجهد

حيث ان اختلاف مستوى الفولتية يعني اختلاف في المراحل الانتاجية. وهي تتعلق بالعزل بشكل اساسي.

المراحل الانتاجية الاساسية في عملية تصنيع كابل منخفض الجهد بالترتيب:

اولا: السحب (Drawing)

ثانيا :الجدل (Stranding)

ثالثا: العزل (Insulating)

رابعا: التجميع (Assembly)

خامسا: طبقة العزل الداخلية (Bedding or inner sheathing)

سادسا: التسليحِ(Armouring)

سابعا: طبقة العزل الخارجية (Outer sheathing)

ملاحظة: ليست جميع المراحل بعد المرحلة الاولى متطلبة في صناعة كابل معين.

اولا: مرحلة صناعة الموصل الكهربائي

مرحلة سحب الاسلاك (Wire Drawing) :

مرحلة اساسية في تصنيع الكابلات فان هذه الكابلات على اختلاف انواعها تمر بهذه المرحلة. من المعروف ان الموصلات الكهربية تصنع عادة من النحاس او الالمنيوم، حيث تكون المواد الخام المستخدمة على شكل ملفات (coils) حيث ان هذه الملفات تحتوي قضيب من النحاس او الالمنيوم بقطر معين وثابت عالميا حسب المواصفات العالمية الخاصة بالكابلات. يتم في هذه المرحلة انزال قطر السلك المسحوب الى قطر اقل، ليتناسب هذا السلك الجديد مع الموصل المطلوب تصنيعه. يتم انزال اقطار الاسلاك من خلال مكائن متعددة اهمها ماكينة (Rod Breakdown) لسحب الاسلاك على مقاسات مرتفعة نسبيا و من خلال مكائن السحب المتوسط و النهائي. و كلٌ منها يعتمد استخدامه على قطر السلك المطلوب.

اما عن الالية التي يتم فيها سحب السلك فهي تكون عن طريق سحب القضيب او السلك من خلال قالب (Die) له فتحة دائرية ذات قطر اقل من قطر السلاك المدخل، فيتم تمرير السلك من هذه الفتحة فيحدث لهذا السلك ما يسمى استطالة (elongation) بسبب الشد المطبق عليه و مروره بممر ضيق

فيقل القطر الخارج. وهكذا يمـر السـلك بعـدة قـوالب موضـوعة على التوالي ليتم الحصول على القطر المطلـوب. حيث ان لكـل قطر من الاقطار المسحوبة لها مـا يسـمى بسلسـلة القـوالب (Die series) ثم بعد ذالك يدخل علي مرحلة التخمير.

مرحلة التخمير (Fermentation) :

لنلقي نظرة على الصورة التالية :





تتم عملية التخمير عامة في مجال الأسلاك الكهربية النحاسية بالتسخين ثم التبريد الفجائي ولكن كيف تتم هذه العملية في عالم الصناعة حيث الصورة إلى الشمال تمثل وحدة تخمير ثم تسخين للسلك أو للموصل النحاسي قبل عملية العزل أما الصورة إلى اليمين فتمثل غرفة التخمير موضع حديثنا وكما هو واضح من الصورة فإنه يوجد طارتان Two Pulleys وهما في الغالب مصنوعتان من النحاس ولكن على أجزاء لسهولة عملية

التركيب والصيانة كذلك هناك في الجهة الخلفية وعلى نفس محاور الطارات توجد مناطق توصيل كهربي Contact bands أيضا نحاسية حيث يتم استعمال فرش كربونية Carbon brushes لنقل التيار الكهربي للطارات النحاسية الأمامية وتستخدم الشركات في نقطة التلامس مع السلك شريحة عبارة عن سبيكة تلف بنفس الشكل الدائري حول الطارة بشكل كامل لتعطي تلامس تام مع الموصل.

ويمر الموصل بين الطارة العلوية والسفلية حيث في الغالب عند استعمال تيار مستمر للموصلات ذات المقطع الصغير تكون العلوية هي الأرضي وتكون السفلية هي الطرف الموجب للجهد الكهربي. مع ملاحظة أن الطارة السفلية تكون مغمورة تماما في حمام تبريد في الغالب من الماء أو من محلول مخفف بالماء لسوائل تبريد خاصة بالنحاس . يتم وضع جهد كهربي بين الطارتين يتناسب مع سرعة تشغيل الماكينة وأيضا قطر الموصل المستخدم للوصول إلى درجة التخمير المطلوبة والتي يظهر تأثيرها بشكل مباشر عند عمل اختبار استطالة للنحاس حيث أن الاستطالة الطبيعية للنحاس المخمر تقريبا 24% هذا الجهد الكهربي تقريبا (من 0.9 إلى 1.1) * الجذر التربيعي لسرعة الخط (م/د) الثابت الأول يكون بحسب قطر الموصل.

عند مرور التيار بين الطارتين في السلك تتولد طاقة حرارية تؤدي إلى تسخين السلك فتصل حرارته لأكثر من 400 درجة مئوية ثم بعد ذلك يمر إلى حمام التبريد المتجدد حيث يتم تبريده

بشكل مفاجئ ينتج عنه عملية التخمير المطلوبة مع ملاحظة أن معظم الشركات تقوم بعمل مسار مغلق للسلك بعد التبريد مباشرة حيث يتبخر جزء من محلول التبريد وهذا بالتالي يؤدي إلى تكون طبقة من أكسيد النحاس على السطح للموصل وهي التي تعطى للنحاس المظهر اللامع وكذلك تحميه من الصدأ وقد تتم عملية التخمير مع الأقطار الأكبر باستعمال تيار متردد حيث مثلا عند إنتاج موصل نحاسي قطر 2.6 مم بسرعة 1800 م/د وبجهد تخمير حوالي 25 فولت قد يصل التيار خلال الموصل إلى 3000 أمبير.

وبالتالي فعند استعمال الموحدات سيصبح الأمر عسير جدا علاوة على أن دقة التخمير لا تكون على هذه الدرجة من الأهمية في الأقطار الأكبر حيث في الغالب تتم عليه عمليات أخرى مع ملاحظة العزل التام للطارات عن جسم الماكينة وكذلك ضرورة الإحكام التام لمحلول التبريد وعند استعمال تيار مستمر أن يكون موحد ثلاثي الوجه موجة كاملة وإلا سوف تجد تغيرات في الخواص الميكانيكية للموصل النحاسي.

هناك صور أخري من التخمير تستعملها الشركات منها التسخين بالحمل حيث يتم تسخين ماسورة من الحديد Stainless steel بطول كبير قد يتجاوز عشرة أمتار ثم يمر الموصل داخل هذه الماسورة مرتكزا على طارتين في بداية الماسورة ونهايتها وبعد الخروج من الماسورة يدخل مباشرة إلى حوض تبريد حيث يتم غمره بالماء مع عمل حمام بخار للسلك بعد الخروج مباشرة من الماسورة وقبل دخوله إلى حوض التبريد وهذه الطريقة تعطي انتظام أكثر ودقة أعلى في التخمير

ومشاكلها الميكانيكية أقل وتستخدم غالبا في ماكينات تصنيع الأسلاك المعزولة بالورنيش .

وهناك أنواع أحدث تستخدم نظرية البلازما حيث يمر الموصل داخل منطقة يتم فيها عن طريق مجال كهربي عالى جدا يتم تأيين جزيئات الهواء حول الموصل وهذا يؤدي إلى إتمام عملية التخمير بشكل بارد تماما ودون الحاجة إلى تبريد ولكن هذا الأمر ليس منتشرا حتى الآن بشكل كبير ومازال تحت التطوير في شركات تصنيع ماكينات الكابلات. ثم يلف السلك المسحوب على بكرات معدنية بكميات معينة تجهيزا للمرحلة التالية من صناعة الموصل الكهربي.

انواع الاسلاك المسحوبة في تطبيقات الجهد المنخفض هي:

نحاس لين معالج Soft copper

نحاس صاب غير معالج Hard copper

المنيوم Soft AL, Hard AL

المنيوم السبائك AL Alloy

ثانياً: مرحلة الجدل (Stranding) :

تخضع المواد الخام التي تم ذكرها سابقا جميعها لهذه العملية, من اجل انتاج موصل كهربائي ذو مساحة مقطع معلوم وخواص

كهربائية معينة ساقوم بتفصيلها...

الا انه يستثنى من هذه الموصلات -الموصلات المصمتة (Solid Conductors) فهي عبارة عن ساك واحد بقطر معين يعطي مساحة معلومة.

- مثال: الاسلاك المستخدمة في لف المحركات الكهربائية (Solid Conductor)
الشكل التالي يبين كابل مكون من موصل مصمت:



من حيث التقسيم

تنقسم الموصلات الكهربية بعد استثناء الـ Solid conductors الى اربعة اقسام وهي كما يلي:

1- الموصل الدائري المتعدد (RM: Round Multiple)

يتكون هذا الموصل من اسلاك متجانسة القطر و مجدولة بشكل لولبي حول سلك محوري لتشكل 7 اسلاك ثم ان كان القياس يحتاج اسلاك اكثر يتم جدل طبقات متتالية كما هو موضح في

الجدول التالي:

,________________layers_______________,

No. of wires 5th 4th 3rd 2nd 1st center

....6.....+.......1...

7.........=

....12...+....6.....+.......1...

19. ....=

....18...+...12...+....6.....+.......1...

37.........=

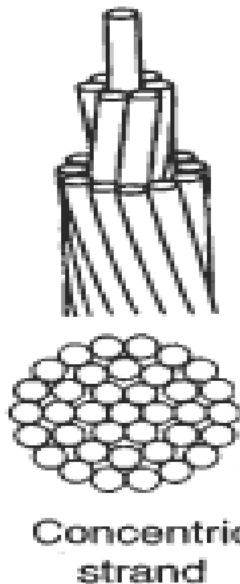
....+ ...18...+...12...+....6.....+.......1...

61.........=..................24

..+...24....+ ...18...+...12...+....6.....+.......1...

91.........=......30

انظر الشكل التالي....



كما هو ظاهر في الجدول فإن عدد اسلاك الموصل هو واحد ممـا يلي (7,19,37,61,91) وحسب التركيب الخاص بعـدد الاسـلاك. هذا حسب المواصـفات الـ IEC Standard و 6360 BS يجـدر بالذكر هنا انه يوجد تركيب مختلف حسب المواصـفات الامريكيـة ASTM ولكنهـــــا غـــــير منتشـــــرة كالســـــابقة.

2- الموصـلات الدائريــة المتعـددة المضـغوطة (:RMC (Round Multiple Compacted

يتكون هذا الموصل من اسلاك مجدولة بشكل لولبي حـول سـلك محوري مشكِّلَةً طبقات متتالية

وتكـون هـذه الاسـلاك مضـغوطة لتعطي شـكلا دائـري واملس Smooth اكثر من الموصل الـRM. انظر الشكل التالي



كمـا هـو في الشـكل فإنـه من الممكن ان نحصـل على موصـل بمسـاحة المقطـع المطلـوب وبحـيز اقـل من الموصـل الــRM. للحصول على موصل كما في الشـكل اعلاه يتم ضـغط الموصـل بعد جدل الطبقة الاولى 1st layer من خلال اختيـار قـالب Die ذو قطـر اقـل من قطـر الاسـلاك المجدولـة, ثم يتم جـدل طبقـة اخرى حول الموصل المضغوط ثم يتم ضغطه ايضـا وهكـذا حـتى الوصــــــــــول الى الطبقــــــــــــة الاخــــــــــيرة.

3 - الموصلات المتعددة على شكل قطاع (SM:Sector Shaped Multiple)

يتكون هذا الموصل من اسلاك مجدولة بشكل لولبي حول سلك محوري مشكِّلَةً طبقات متتالية وتكون هذه الاسلاك مضغوطة و مشكّلة على شكل قطاع لتعطي شكلا ربع دائري او ثلث دائري واملس



Smooth

انظر الشكل التالي

4- الموصلات المرنة (Flexible Conductors)

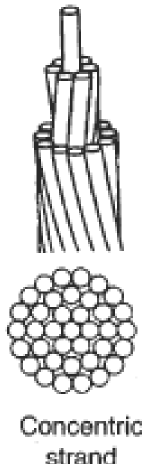
يتكـون هـذا الموصـل من اسـلاك ذات قطـر قليـل يتفـاوت من 0.2mm الى 0.61mm, وذات عـــــدد كثـــــير مجدولـــــة على شكل حزم دون محور او نسق معين, على غرار الموصـلات التي سبق ذكرها.

انظر الشكل التالي

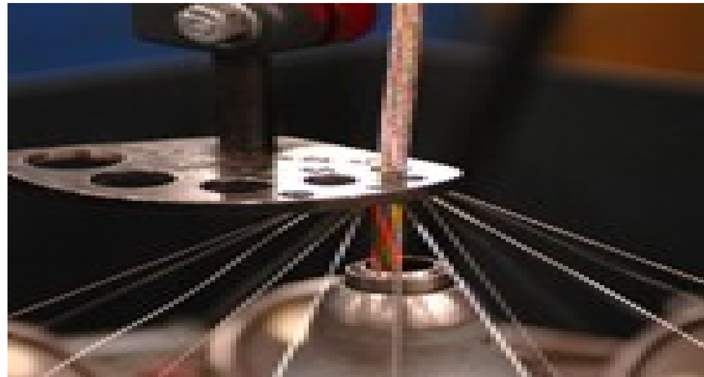


هذه هي الموصلات الكهربائية الاكثر انتشارا من حيث التصنيف اما من حيث الانتاج

1- **RM**



في حالـة موصـلات الــRM الغـير مضـغوطة يتم تمريـر سـلك المحور من خلال قالب دائري و توزع ال6اسلاك حوله بشــكل متتابع ثم يتم سحب الاسلاك جميعها مع عملية جـدل للموصـل كما هو بالشكل التالي:



الصورة التالية هي قالب Die



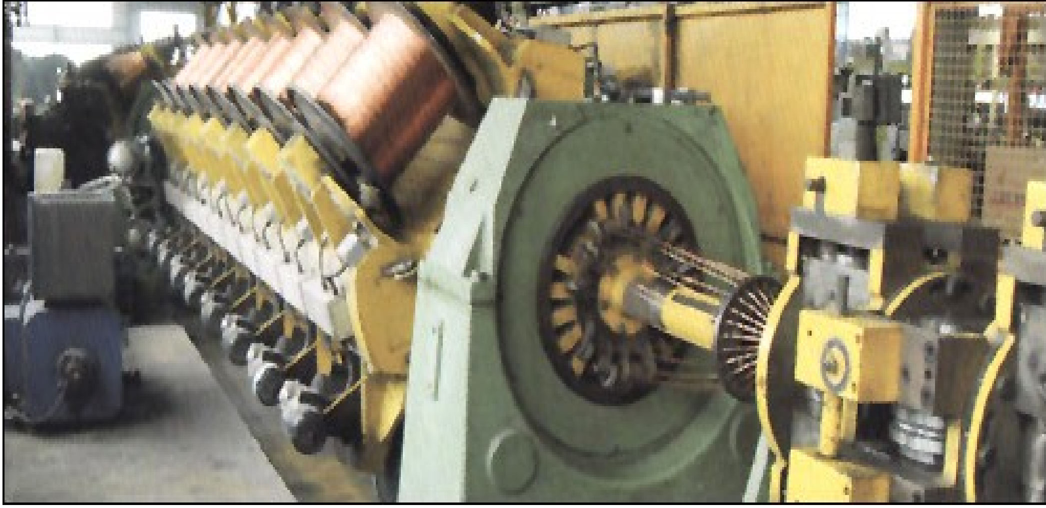
حيث تصبح هذه الاسلاك موصلا واحدا مجدول طبقة واحدة او اكثر. من الامور المهمة في عملية التصنيع هي اولا مقاومة الموصل بشكل اساسي و اتجاه الجدل وقد يكون اتجاه الجدل اما S او Z وفي هذا النوع من الموصلات وحسب المواصفات التي ذكرتها سابقا فإن الجدلة النهائية اي الظاهرة على سطح الموصل يجب ان تكون باتجاه Z وتعاكس كل طبقة اتجاه الجدل للطبقة التي تحتها. بالاضافة الى طول الجدلة وهي تعبر عن الطول اللازم لسلك حتى يتم دورة كاملة حول المحور.

RMC -2



امـا من حيث الانتـاج فانـه و في حالـة موصـلات الــRMC يتم تمرير سلك المحور من خلال قالب دائـري ومن حولـه اسـلاك الطبقة التالية الا ان الفرق هنا ان القالب Die المسـتخدم لـه

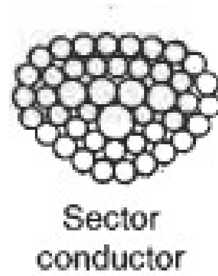
قطر اصغر من القطر المستخدم في الموصل الRM حتى يتم ضغط الاسلاك لياخذ الموصل الشكل الدائري كما هو بالشكل الخاص بالRMC في الاعلى. الصورة التالية هي ماكينة تسمىب(Cage Strand)



تقوم هذه الماكينة بعد تحميلها ببكرات الاسلاك داخل قفص بالدوران, حيث يدور القفص بكل البكرات الموجودة فيه لتحصل عملية الجدل. وهذه هي صورة الماكينة موضحة كيفية التحميل:



3- SM



بالنسبة للموصلات على شكل قطاع SM فيتم تصنيعها كما تصنع الموصلات الRMC حيث تضغط الاسلاك اولا ثم يمر الموصل بين بكرتين Rolls تشكلانه على شكل قطاع. و هذا النوع من الموصلات يصنع من قياس 25mm2 واكبر. يتم تشكيله من خلال رولّ على شكل قوس واخر على شكل زاوية. قد تكون هذه الزاوية 90درجة او 120درجة الاولى تستخدم لتكوين كابل من اربع موصلات(اكوار) والاخير يستخدم لعمل كابل من ثلاث موصلات(اكوار (

4-Flexible



الموصلات المرنة يتم جدلها بشكل حزمة (Bunch) من

اسلاك رفيعة او مجموعة من الحزم عند تصنيع الموصلات ذات الاحجام الكبيرة. وتسمى هذه العملية ب(Bunching)

الى هنا تنتهي المرحلة الثانية (مرحلة الجدل Stranding) وبها تنتهي عملية تصنيع الموصل بانواعه

ماكينة الجدل

1. تتكون الماكينة من اربع مراحل لجدل الكابلات
2. ماتور كهربى رئيسي يخرج منه عمود رئيسي لتدوير الثلاث مراحل
3. صندوق تروس يعمل على ضبط طول الخطوة
4. جهاز قياس طول السلك عن طريق عدد اللفات وحدته 2م
5. قرص الشد
6. جهاز التجميع

التفصيل

أ- مراحل الجدل تتكون

1- **المرحلة الاولي**

وتتكون من بكر السلك الاساسي الذي يتم الجدل عليه ويكون من (1-3) بكرات

2- المرحلة الثانية

وتتكون من

1- العمود الاساسى الذى يتم تركيب بكرات السلك المستخدم فى الجدل وهذا العمود يتم عليه تركيب بكرات من(1- 6) ويكون هذا العمود مفرغ من الداخل حيث يمر من داخله السلك الاساسى الذى سيتم الجدل عليه وهو القادم من البكرة الاولى المركزية

2- صندوق التروس ووظيفته تغير اتجاه حركة العمود الاساسى للمرحله والتحكم فى سرعة العمود الاساسى للمرحله وياخذ حركته من العمود الخارج من الماتور الاساسى

3- طنبورة الفرملة والتى تكون متصلة بنظام تحكم نيوماتي للفرملة

3- المرحلة الثالثة

نفس مكونات المرحلة الثانية ويتم مرور السلك المجدول بـداخل عمود المرحله الثالثة و المتكون من المرحلة الثانيه وهذا العمــود يمكن تركيب عليه عدد من(1-ـ 12) بكرة والعمود يـدور عكس

اتجاه المرحلة الثانيه ويتم هذا من خلال صندوق التروس الخـاص بهذه المرحله

4- **المرحلة الربعة**

وتتكون المرحلة الرابعة مثل المرحلة الثانيـة بالضـبط حـتى يمـر السـلك المجـدول من خلالتـاعمود الاساسـي للمرحلـه حيث تتم مرحلـة الجـدل الثالثـه وتكـون عكس اتجـاه المرحلـة الثالثـه في اتجاه الدوران وهذه المرحلة يكون على العمود 12 بكرة

Where alf

ب- الماتور الكهربى

يكون ماتور ذات قـدرة عاليـة وهـو المسـئول عن تـدوير العمـود الرئيسى الذى يدور كل مراحل الماكينة

ج- صندوق التروس

هو المسئول عن ضبط خطوة الجدل

د- قرص الشد

يمكن ان يتكون من حارة واحدة او اكثر من حارة والذى يعمل على شد السلك قبل مرحلة التجميع.

ه- جهاز العد

والذى يعمل على قياس طول السلك الذى تم جدله ويتم القياس بالمتر

ر- مرحلة التجميع

والتى تتكون من بكـره قابلـة للفـك والـتركيب وطـارة تتحـرك على طـول البكـرة حيث يتم لـف السـلك على شـكل حـراث وعندما تمتلى البكرة يتم فكها وتركيب اخرى.

ثالثـا: مرحلـة العـزل :(Insulation Process)

العزل في الكابلات هو عملية تغطية الموصل الكهربائي بطبقة من مـادة عازلـة (Dielectric) من خلال عمليـة تسـمى بـ(Extrusion Process) أي عملية البثق. هذه العملية من أهم العمليات الإنتاجية وأدقها في تصـنيع الكـابلات المعزولـة. فهي المعـوَّل عليهـا في الفصـل كهربائيـا وتحمـل فـروق الجهـد المطبقة عليها بين الأطوار-الفازات- أو بين الموصل المعـزول وبين الأرض. ولطبقة العزل أيضا أهمية أخرى ليست كهربائيـة وهي التعريف عن الأطوار –الفـازات- في الكـابلات المتعـددة, إمـــــــا من خلال اللــــــــــون أو الطباعـــــــــــة ..الخ.

<u>ان المواد المستخدمة في عملية العزل الكهربائي لكابلات الجهد المنخفض حسب مواصفات IECكما يلي:</u>

a) Thermoplastic

Polyvinyl chloride intended for cables with rated voltages U0/U ≤ 1,8/3 kV
PVC/A

b) Thermosetting
Eth ylene propylene rubber or similar EPM or EPDM
ERP

c) High modulus or hard grade ethylene propylene rubber
HEPR

d) Cross-linked polyethylene
XLPE

Insulating compound based on polyvinyl chloride intended for cables with rated voltages U0/U = 3,6/6 kV is designated PVC/B in IEC 60502-2

يتم تلبيس الموصل طبقة من إحـدى هـذه المـواد حيث تمتاز كل منها بميزات مغايرة عن الأخرى

تتم عمليــة عــزل الأســلاك أو تغليــف الكــابلات على مرحلــتين:

الأولى هي إعداد مادة العزل سـواء كـانت PVC أو بـولي إيـثيلين PE بأنواعهما المختلفة ويتم ذلك عن طريق التسـخين باسـتخدام Extruder مثـل الموضـح بالشـكل حيث تمـر المـادة بمنـاطق تسـخين يختلـف عـددها حسـب سـعة Extruder في السـاعة وكـــــــــــذلك نــــــــــوع الخامـــــــــــة .



حيث تمر الخامة في أنبوبة حولهـا سـخانات Parrel ويتم سـحب الخامة عن طريق Screw داخـل الأنبوبـة يتم إدارتـة عن طريـق موتور كهربي ومن المفترض ان تكون علاقة سرعة الـدوران مـع كميـــــــة الخـــــــام الخـــــــارج منهـــــــا خطيـــــــا.

وتخرج مادة العزل من مرحلـة التسـخين وهي في حالـة مسـالة بالتســخين ومتناســقة يســهل تشــكيلها ومرورهــا في منــاطق التشــكيل حــول الســلك أو الكابــل وآخــر مرحلــة في منطقــة التســخين هي المصــفاة Mesh والــتي تقــوم بــأكثر من وظيفــة فتقــوم بحجــز الشــوائب الصــلبة وتقــوم بتنظيم الضــغط وتقــوم بتوزيــع الخامــة بشــكل منتظم وتقــوم بتقطيعهــا كــذلك فيســهل

مرورهـــــــــــــا داخـــــــــــــل هيـــــــــــــد التوزيع



المنطقة الثانية وهي منطقة العزل أو هيد العـزل Cross head والــذي يتكــون بشــكل رئيســي من جــزء ثــابت وجــزء متغـير .

الجــزء الثــابت ويمثــل الهيكــل الرئيســي للهيــد وبــه السـخانات وفتحـات توجيــه الخــام وحساســات الحــرارة ودعامـات التثـبيت ومنطقـــــــــة التوصـــــــيل مـــــــع جســـــــم Extruder



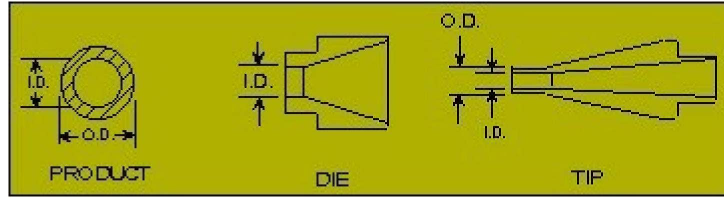
أمــا الجــزء المتغــير فيشــمل جــزئين رئيســيين همــا المــوزع Distributer والقالب Die وتختلف أبعادهما الداخلية في الغالب بحســــب قطــــر الســــلك أو الكابــــل المــــراد عزلــــه

والمـوزع عبـارة عن جسـم مخـروطي يتسـلم الخـام من مسـار توجيه الخام من Extruder حيث يمر السـلك/الكابـل من داخلـه ويمر الخام العازل من خارجه أما القالب أو الداي فيكـون الميـل الداخلي لها موازي تقريبا لسطح الموزع مع وجود مسافة بينهمـا بحســـــــب ســـــــمك العـــــــزل المطلـــــــوب



<u>من حيث العملية الإنتاجية</u>

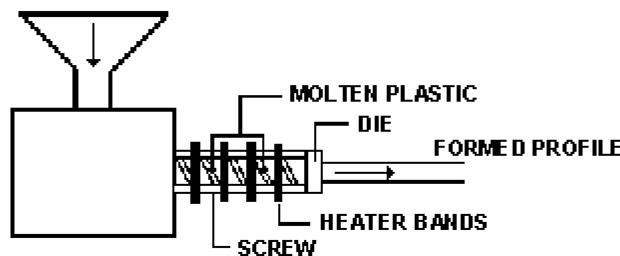
إن الموصل الكهربائي الذي أنهى عملية تصنيعه كموصل حسب المواصفات المتطلبة, يتم تجهيزه كمدخل (Input) لهذه المرحلة ثم يتم تمريره من خلال قالب يسمى TIP يكون هذا القالب من الداخل قطرة متجانس مع قطر الموصل وسطحه الخارجي مخروطي كما في الشكل التالي:



أما الــDie فهـو كمـا في الرسـم في وسـط الشـكل في الأعلى. حيث يتم جمـع الــTIP والــDie بتقريبهمـا كمـا هـو ترتيبهمـا في الشكل السابق. ليصبح لـدينا مجـرى مخـروطي بين الTIP وDIE تمـر من خلالـه المـادة العازلـة بعـد تـذويبها, لتخـرج على شـكل أنبوب والموصل في داخله كما ذكرت سابقا. بعد أن تخرج المادة العازلة المذابة من رأس الماكينة (Extruder Head) تكون قـد تشـكلت على شـكل أنبـوب فتبـدأ بـالتقلص خلال ثـواني بسـبب هبوط درجة حرارتها وتصلبها. وهكذا تتم عمليـة التلـبيس من أول متر من الموصل وحتى نهاية الطول المطلوب عزله دفعة واحدة دون توقـــف. حـــتى تكـــون الطبقـــة مســـتمرة ومتصـــلة.

الماكينة





تقوم هذه الماكبة على مبدأ البثق, حيث يتم اذابة المـادة العازلـة الخام والتي تكون على شكل حبيبات من خلال ادخال هذه المادة الى داخل ال(Extruder) حيث الحرارة مرتفعة والضغط العـالي والمناسبان لاذابة المادة وايصالها الى الحالة المطلوبة, ثم تصــل الماده الى مـا يسـمى (Extruder Head)والـذي يوجـه المـادة المساله من خلال الTIPوDIE لتعطي الشكل الانبوبي المطلوب وبالسماكة المطلوبة. ثم تخرج المـاده من قلب الـراس لتلتســق بالموصل مباشرة وتبدا بالتشكل حسب شكل الموصل. بعد ذلـك مباشــرة تـاتي مرحلـة التبريـد بالمـاء داخـل مجـرى للمـاء يمـر الموصل المعزول فيه لمسافة معينة ثم يجفف بالهواء المســلط. و بعد ذلك يتم لفه على بكرة Drum

إن الموصل ومهما كان شكله أو مضمونه –ولا اقصد هنــا الحجم- فإنــه يتم عزلــه من خلال نفس القــوالب المخروطيــة. ذلــك ان العازل كما سبق و قلت انه يتقلص (Shrink) بنسبة معينه فيأخذ هذا التيوب او الأنبوب شكل الموصل الذي تحتـه. حـتى وان كـان على شـــــــــــــــــكل مقطـــــــــــــــــــــــع.

من المتغـيرات المهمـة في هـذه المرحلـة أولا, سـماكة طبقـة العازل المستخدمة و مـدى انتظـام شـكل الطبقـة العازلـة. حيث تتطلب المواصــفة الـ IEC و BS ســماكة معينــة لطبقــة العــزل

حسب المادة المستخدمة وهـذه القيم يجب أن تحقـق بشـكل أو بـــــــــــــــــــــــــــــــــآخر.

من حيث الجـودة وهـو موضـوع منفـرد و واسـع هنـاك متطلبـات أخرى بالإضافة لما يتعلق بالسماكات, يمكن ان افرد لها موضـوع مســتقل يتم بحث متطلبــات لجــودة والمواصــفات العالميــة. هـــذا بالنســـبة لمرحلـــة العـــزل وبشـــكل مختصـــر.

رابعا: التجميع (Assembly):

بعد ان تتم جميع المراحل الانتاجية السابقة من صناعة الموصل conductor manufacturing و عزله بالمادة المناسبة core insulation, يصبح جاهزا للتجميع لتشكيل القلب الداخلي للكابل.

لكن هنا لا بد من القول بان مرحلة التجميع ليست مطلوبة في كل حالات صناعة الكابلات حيث انها تتم عند الحاجة لجمع اكثر من قلب Core خاصة بشكل حلزوني. حيث ان بعض الكابلات لا تجدل جدلا انما تكون الموصلات متوازية من الداخل مثل كابلات الFlat. لكننا الان سنعتبر نفسنا نصنّع كابل مكون من اكثر من كور واحد مجدولة ومسلحة, اي سنصنع كابل له جميع المراحل التصنيعية.

ان الاكوار التي يتم جدلها هي واحدة من التالي:

1) موصلات دائرية

2)موصلات بشكل مقطع

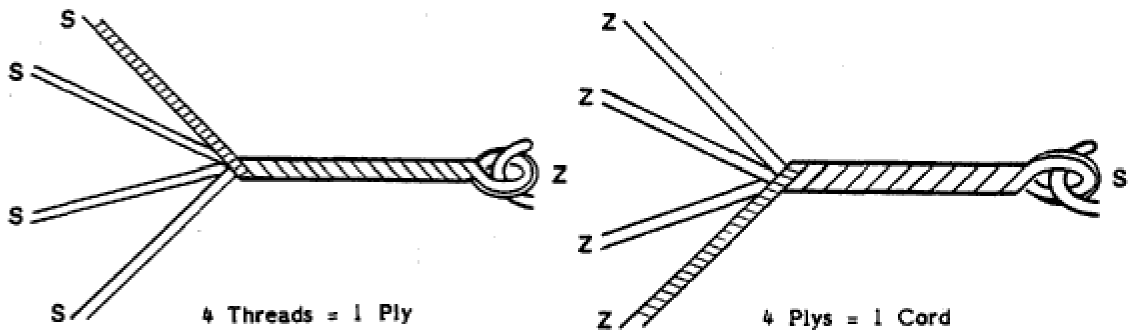
3)موصلات بشكل مقطع + موصل واحد دائري

ان هذه المرحلة سهلة الفهم كونها لا تضيف قيمة معينة للكابل. فهي عملية جدل بين كورين او اكثر حيث يتم وضع الاكوار المراد جدلها على حاملات البكرات كما في الشكل التالي:

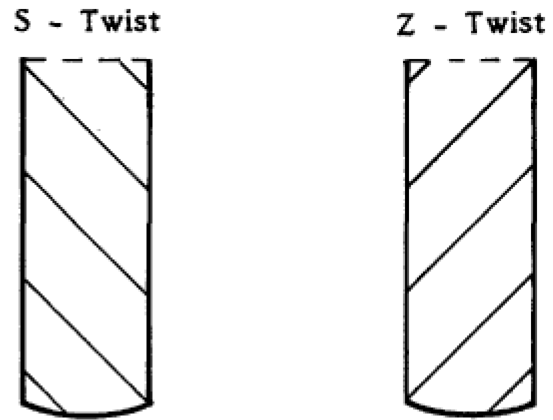
و تسحب لتصل الى القالب ويمرر كل كور داخل القالب Die ثم تسحب الاكوار الى الدرم او البكرة كما يوضح الشكل التالي:

حيث ان هذه البكرة تدور حول المحور الواضح في الصورة التالية:

جاعلة الاكوار تجدل حول بعضها كما هي الجدلة الظاهرة في الشكل التالي:



حيث ان الجدل له اتجاهين الاول يسمى Z Twist و الثاني S Twist وهما متعاكسين بالاتجاه. انظر الشكل التالي:



حيث يدور الدرم الذي يحمل الكابل المجدول دوران حول محوره ودوران اخر حول محور الكابل. وهكذا تتم عملية الجدل...
اما عن اختلاف الاكوار من حيث الشكل كما ذكرنا سابقا فان الاكوار ان كانت ذات شكل مقطعي فانها تدخل القالب من خلال عجلات موجّهة لتاخذ موقعها الصحيح وبشكل انسيابي.

الشكل التـالي يـبين كيبـل مكـون من ارع اكـوار دائريـة مجدولـة داخـــــــــــــــــــــــــــل الكابـــــــــــــــــــــــل:

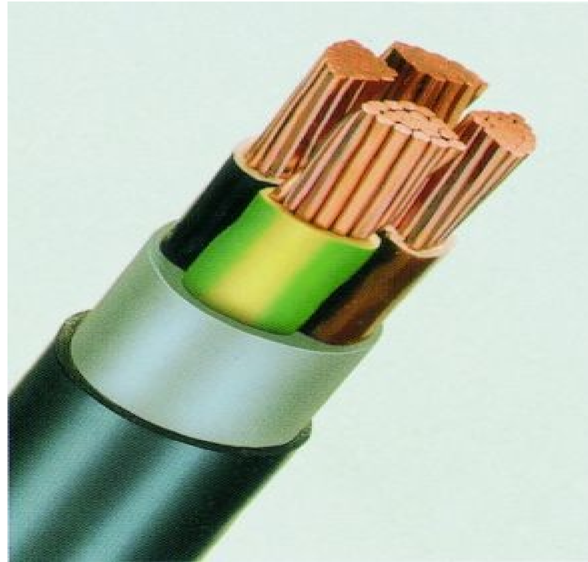


الكابل الأول والثاني من اليمين هما مكونان من اكــوار مقطعيــة. وعلى سبيل الذكر فان الكابل الخير هو كابل كور منفــرد Single core :

هنا يهمنا وفي مرحلة الجدل ترتيب الالوان ان كــان الكابــل مــرن او مصمت او مجدول فهنالك تسلسل معين للالوان يلتزم بــه من جهة المصنِّع. في مرحلة الجدل او Laying-up يتم ملئ اي فراغ بيتن الاكوار او على الجوانب من خلال استخدام مــا يســمى بالــ Filler اما ان يكون هذا الفلر انسجة او مصنوع من الــPVC على شكل خيوط بسماكات مناسبة. وعنــد الحاجــة لشــكل دائــري ينم استخدام شــريط من مــادة البــولي بــروبلين يلــف حــول الاكــوار المجدولــــــــة لتعطي شـــــــكلا اكـــــــثر انتظـــــــام. هذا وبشكل مختصر ما قد يهم في مرحلة الجدل.

خامسا : طبقة العزل الداخلية (Bedding Layer):

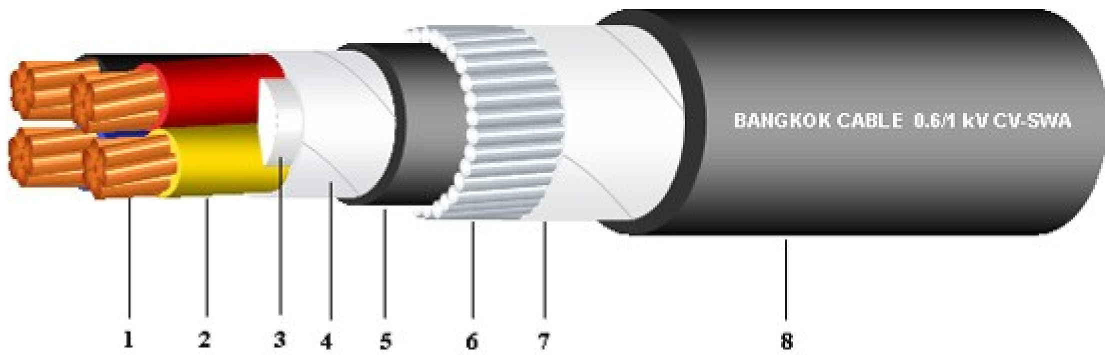
عند الانتهاء من مرحلة تجميـع الكابـل لا بـد من تنظيم شـكله إن كان الكابل غـير مسـلّح ليأخـذ الشـكل الـدائري المطلـوب, فيتم عزلـه بطبقـة العـزل الداخليـة Bedding أو يتم تغليفـه بشـبر Polypropylene حيث يلـف على الكابـل خلال عمليـة التجميـع ولكن بعد جدل الاكوار. انظر الشكل التالي والـذي يوضـح طبقـة Bedding لكابــــــــــــل غــــــــــــير مســــــــــــلّح



يتضح في الشكل السابق طبقتين بعد مرحلة الجـدل, أول طبقـة هي الطبقة الداخلية Bedding والتي تعطي الكابل شكلا دائريـا, ثم تكون الطبقة النهائيةOuter Sheath لعـزل الكابـل وحمايتـه من العوامــل الخارجيــة والحفــاظ على تماســك مكوناتــه. وهي

الطبقـة الأخـيرة والـتي سـأقوم بشـرحها في المرحلـة الأخـيرة.

أمـا في حالـة الكابـل الـذي نعمـل نحن على تصـنيعه في هـذا الموضوع فهـو كابـل مسـلّح كمـا هـو ظـاهر في الشـكل التـالي:



هذا الكابل يتم عزله بالطبقة الداخلية والتي تحمـل الـرقم 5 في الشكل السابق, فهذه الطبقة تستخدم لحماية الاكوار Cores من طبقة التسليح المعدنيـة لصـلابتها و إمكانيـة أن تُحـدث خـدش أو جرح أو ثقب لطبقة العزل الأولى Insulation Layer, لذلك يتم عزله بطبقة عزل داخلي Inner Sheathing - Bedding حيث تمتاز هذه الطبقة بانخفاض سماكتها وتكون جودة المادة العازلـة المسـتخدمة اقـل. حيث يسـتخدم الـ PVC-Type6 عـادةً لهـذه المرحلـــة.

حيث يتكون الكابل السابق مما يلي:

1) الموصل Conductor: Copper Round Multiple

2) عازل Insulation:Cross-linked polyethylene (XLPE)

Identification : Red, Yellow, Blue and Black color

(3 فلر لملئ الفراغات بين الاكوار Polypropylene Filler

4) شبر ربط Binding tape Spun-bons tape

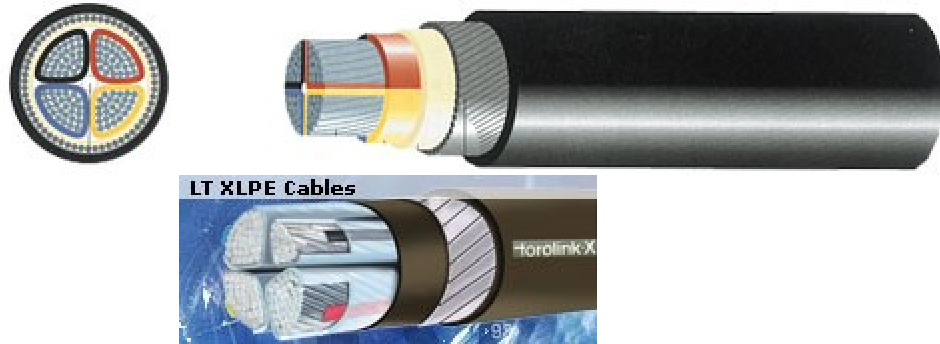
5) طبقة العزل الداخلية - Inner sheath: Bedding layer Polyvinyl chloride (PVC) Type6

(6 التسليح Armor Galvanized steel wire أسلاك التسليح المطلية بالزنك

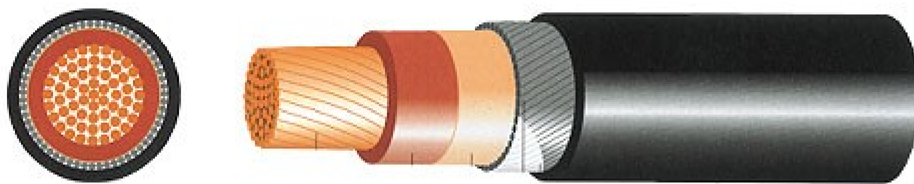
7) شبر ربط Binding tape-Spun-bond tape

8) طبقة العزل الخارجية Outer sheath: Polyvinyl chloride (PVC), هذه (الطبقة) غير ملزمة

صور كابلات multi-core على شكل قطاع sector shaped



صــــــــــورة لكابــــــــــل مفــــــــــرد single-core



يتم إنتــاج طبقــة الـــBedding هــذه من خلال ماكينــة البثــق Extrusion Machine والـتي تم التحـدث عنهـا سـابقا. انظـر المرحلـة الثالثـة العـزل-Insulation. وبنفس العمليـة يتم عمـل

هـذه الطبقـة مـع اختلاف المـادة المسـتخدمة وبعض متطلبـات الجودة.

سادسا: التسليح (: ARMOURING)

يقسم تسليح الكابلات إلى نوعين:
أولا: هو التسليح بالأسلاك
ثانيا: هو التسليح بالشريط المعدني.

أما من حيث المادة المستخدمة في التسليح فهي تقسم الى قسمين:
أولا: هي المواد الفرو مغناطيسيةferromagnetic
ثانيا: هي المواد الغير فيرو مغناطيسية non-ferromagnetic

حتى يتم التعرف علي استخدام كل منهما لا بد من إدراك الفرق بين المادتين. إن المادة الأولى هي مادة ذات نفاذية للمجال الكهربائي أما الثانية فهي عازلة مغناطيسا.
وكما تعرف, فانه عند مرور التيار الكهربي في الموصل يتولد حوله مجال مغناطيسي على شكل حلقات مركزها محور الموصل...إلى ما هنالك. لذلك عند تحميل كابل متعدد الاكوار فان المجالات المغناطيسية الناشئة حوله بسبب مرور هذه التيارات تلغي بعضها البعض, فلا يكون لها اثر على الكابل.

اما في حالة الكابل المفرد single core فان المجال المغناطيسي النلشئ يكون له اثر على الكابل, خاصةً طبقة

العزل الخارجية حيث يولد هذا المجال فيها تيارات ترفع من درجة حرارة العازل والتي بدورها تفقد العازل خواصه العازلة مع الزمن. بالإضافة إلى تأثيرات أخرى من حيث التحميل.

لذلك يتم استخدام مادة التسليح non-ferromagnetic حيث يتم من خلالها عزل المجالات المغناطيسية عن الطبقة العازلة الخارجية. لان طبقة التسليح كما هو معروف تكون ما بين الاكوار وطبقة العزل الخارجية**.**

يستخدم الحديد المكلفن-المطلي بالزنك-galvanized steel لتسليح الكابلات فهو ذو مواصفات ميكانيكية جيدة و تكلفة اقل من باقي المواد التي تستخدم في تسليح الكابلات.

ويستخدم الألمنيوم القاسي H14 كمادة غير مغناطيسية...عند الحاجة الى تسليح كابل مفرد Single Core Cable.

من حيث العملية الإنتاجية:

يتم تركيب البكرة التي تحمل الكابل المعزول طبقة العزل الداخلية Bedding على input الماكينة ويمد الكابل من خلال ما يسمى headوهـ



حيث يمر الكابل من مركز الhead والذي يتم توصيل أسلاك التسليح من خلاله الى الكابل. ثم الى الDie والذي تتم عملية الجدل عنده. يمد الكابل الى ان يصل الى بكرة الoutput حيث يلف الكابل على درم مناسب.

اذا تم العودة الى الوراء الى مرحلة التجميع, ستجد صور ماكنة laying up... هذه هي الماكنة نفسها التي يتم التسليح عليها. وهذه صورتها هنا ايضا:

حا

الم لاك التسليح

حا



ألان تبدأ الحاملات بالدوران حول محور الكابل. بنفس الوقت تكون أسلاك التسليح مجمعة حول الكابل بالترتيب. لتبدأ باللف حول الكابل بسبب دورانه. وتأخذ هذه الأسلاك الشكل الدائري لانها تمر تحت القالب الدائري فتنحصر بينه و بين الكابل .

يتم حساب عدد أسلاك التسليح من خلال تقسيم محيط الكابل في مرحلة أل bedding على قطر السلك الواحد, طبعا يوجد معامل حيث يضرب الحاصل ب0.9 لان الأسلاك ليست مصفوفة بشكل أفقي, إنما بشكل دائري. أما بالنسبة لقطر السلك الواحد فانه يتم اعتماده من المواصفات العالمية: غالبا IEC 60502-1 أو مواصفات أخرى مثل أل BS 5467.

مرحلة التسليح كما المحنا سابقا, ليست متطلب لجميع الكابلات ولكن غالبا تستخدم للكابلات تحت الارض

سابعا: مرحلة العزل الخارجي (Sheathing Process):

في المرحلة الأخيرة وبعد أن تنتهي جميع المراحل الإنتاجية بنجاح, يتم تغطية الكابل بطبقة من ال(PVC) بسماكة معينة. تتفاوت تقريبا ما بين 1.5 إلى 3.0 مم. حسب المواصفات العالمية

جميع المراحل الإنتاجية في صناعة الكابلات يتم لف الكابل على بكرات كبيرة تصل إلى قطر 3م و أكثر من ذلك. حيث يتم لف الكابل في مرحلة التسليح على درم ثم بعد الانتهاء من تصنيعه ينتقل إلى مكانة التلبيس (العزل) insulation. فيتم إجراء عملية العزل له كما تمت في مراحل العزل السابقة. لكن

باستخدام مودة PVC من نوع مختلف, لـه مواصـفات أفضـل من حيث الخواص الميكانيكيـة, فهـذه الطبقـة تتحمـل اجهـادات اكـبر ويتـــوجب أن تتحمـــل الظـــروف الجويـــة وغيرهـــا.

ولهـذه الطبقـة أهميـة أخـرى مختلفـة, وهي إيصـال رسـالة عن وصـــف الكابـــل مثلا (CU/XLPE/SWA/PVC) و مصـــنعيته (JORDAN NEW CABLE) وتــاريخ التصــنيع أحيانــا(2008) والمواصــفة المصــنع عليهــا (BS 5478) في بعض الأحيــان, بالإضـافة إلى أي معلومـة يريـد إضـافتها العميـل. وقـد تسـتخدم أحيانا مواد ذات مواصفات خاصة مثل مقاومة للحرارة أو مقاومة للاحتراق أو مقاومة للزيوت أو قليلة الدخان أو مقاومة للقـوارض أحيانـــا.

هذه هي وبشكل مختصر مرحلة العزل الخارجي.

ثانيا خط انتاج التليفونات

اولاً: السحب والعزل :

1. يتم سحب وعزل السلك التليفونى على ماكينة السحب والعزل (TANDEM LINE) حيث تتم العمليتان فى ان واحد .
2. يتم اولا سحب السلك النحاس من قطر 2.5 مم الذى يتم تجهيزه على ماكينة السحب السميك الى القطر المطلوب (0.4 – 0.5 – 0.6 – 0.9 – 00 مم) .
3. اثناء عملية السحب يتم تبريد السلك النحاس بمحلول صابونى نسبة تركيز محددة وذلك لمنع حدوث تأكسد للسلك.
4. نظرا لتغير شكل الجزيئات الخاصة بمعدن النحاس نتيجة عملية السحب فلا بد من عمل معاجة حرارية للنحاس عن طريق عملية تخمير تتم للنحاس وذلك بتسخين السلك الى درجة حرارة معينة ثم تبريده مباشرة بالماء .

5. يمر السلك بعد خروجه من عملية التخمير عاى مرحلة تسخين ابتدائية (Preheating) وذلك حتى يتم تجهيزه لعملية العزل التى ستتم فى المرحلة التالية .
6. تتم مرحلة عزل السلك النحاسى باحدى الطريقتين :

   أ- عزل فوم اسكين (foam/skin insulation) :

   فى هذا النوع يتم عزل السلك النحاس بعدد 2 طبقة :

   - الطبقة الأولى بمادة بولى اثيلين رغوية (cellular polyethylene) وهى طبقة رغوية بها نسبة ما من الهواء
   - الطبقة الثانية (القشرة) بمادة بولى اثيلين (solid polyethylene) وهى طبقة ملساء وناعمة .

   ب- عزل سولد (insulation solid) :

   فى هذا النوع يتم عزل السلك النحاس بطبقة واحدة بمادة (solid polyethylene) والحصول على القطر المطلوب طبقا لأمر التصنيع .
7. بعد مرحلة العزل فى الخطوة السابقة يتم تبريد السلك بالماء مباشرة لمنع حدوث اى تشويه يحدث فى السلك نتيجة مروره على اى طنابير حتى وصوله الى مرحلة الاستقبال .
8. أثناء مرحلة التبريد يتم اليا- لحظيا قياس السعة الكهربية وقطر السلك المعزول وذلك ليتم التصحيح لحظيا .

- ضبط الجودة على مرحلة السحب والعزل

1. قياس قطر النحاس .
2. قياس استطالة النحاس .
3. التأكد من عدم وجود بيضاوية فى النحاس .
4. قياس قطر العزل .
5. قياس مركزية العزل .
6. قياس سمك طبقة القشرة .
7. قياس أقل نقطة فى طبقة القشرة .
8. التأكد من وجود تلاصق بين النحاس والعزل .
9. قياس استطالة العزل .
10. فحص ظاهرى للون النحاس ودرجة نعومة سطح مادة العزل .
11. فحص ظاهرى للون العزل ومقارنته باللون القياسى المطلوب .

- فى حالة ان القياسات كلها مقبولة يتم تسجيل النتائج المطلوب تسجيلها على كارت الانتاج من مراقب الجودة وختم الكارت بختم مراقب الجودة المختص (INSPECTED OK NO.) وذلك للسماح بتشغيل السلك المعزول فى مراحل الانتاج التالية :
- فى حالة ان اى قياس واحد غير مقبول يتم عمل مذكرة رفض للبكرة النتجة ووضع كارت احمر وذلك لمنع البكرة من التشغيل فى مرحلة الانتاج التالية الا بعد تصفية الخطأ الموجود على البكرة .(انظر طريقة تسيير مذكرة الرفض الخاصة بالعزل .)

ثانياً:مرحلة التجميع رباعى

فى هذه المرحلة يتم التجميع على ماكينات السيتك عدد اربعة الوان (خطوط) عزل طبقا لكود معين خاص بالمواصفة المطلوبة لتكوين شكل رباعى نجمى (Stare Quad) ويكون فيه كل خطان متقابلان يمثلان زوج (خط) تليفونى .

بعد نزول بكرة الستك من على ماكينة الستك يتم وضع كارت انتج مدون عليها ومدون به :

- رقم امر التصنيع .
- رقم الماكينة السيتك .
- اسم العامل .
- اللون .
- طول البكرة .
- التاريخ .
- الوردية .

مرحلة ضبط الجودة على مرحلة التجميع رباعى (QUADDING) :

1. التأكد من ان بكر العزل الذى يتم تجميعه على ماكينة السيتك مقبول ومختوم بختم الجودة .
2. التأكد من ترتيب الالوان .
3. التأكد من اتجاه خطوة الجدل s-z .
4. التأكد من اتجاه الدوران مع أو ضد عقارب الساعة .
5. قياس طول خطوة الجدل .

مرحلة اختبار بكر التجميع رباعى :

يتم ارسال البكرة الى الاختبارات لاجراء الاختبارات الاتية :

أ- <u>فحص ظاهرى :</u>

ويشمل الفحص الظاهرى الاتى :

1. التأكد من ترتيب الالوان .
2. التأكد من اتجاه خطوة الجدل .
3. التأكد من اتجاه الدوران للكود (مع اوضد عقارب الساعة) .
4. التأكد من طول خطوة الجدل مقبولة ظاهريا .
5. التأكد من عدم وجود تجريح .

ب- القياسات الكهربية :

بعد اجتياز بكرة الستيك للفحص الظاهرى يتم اجراء القياسات الكهربية على جهاز RCD حيث يتم قياس الاتى :

1. قياس قيمة المقاومة الكهربية لكل خط على حدة . (R1 & R2)
2. قياس قيمة فروق المقاومة الكهربية اكل خط على حدة (DR1 & DR2) .
3. قياس قيمة فروق السعة الكهربية (DC) .

فى حالة اجتياز مرحلة الاختبار الكهربى لبكر الستيك على ان تكون قيم القياسات الكهربية فى حدود المسموح به يتم تسجيل القياسات الكهربية الناتجة على كارت الانتاج وختم الكارت بختم فنى الاختبار المختص (TESTED OK NO.)

وذلك للسماح بتشغيل البكرة فى مرحلة اللإنتاج التالية .

ثالثاً :التجميع وحدات (POURTIER) :

فى هذه المرحلة يتم تجميع الوحدات (unit) مقاس 50مم أو 100مم جوز على ماكينات (pourtier) DT1400 او DT1650 وذلك إما على شكل طبقات (layers) يتم وضع الكوادات بترتيب معين او على شكل مجموعة وحدات كل منها تسمى (subunit) كل منها عبارة عن 10 جوز .

ولكل (unit) يتم وضع خيط تمييز بلون معين طبقاً للمواصفة التى يتم بها تصنيع الكابل .

بعد نزول بكرة اليونت من على ماكينة البورتييه يتم وضع كارت إنتاج عليها ومدون به :

- رقم امر التصنيع .
- مقاس اليونت .
- الماكينة .
- اسم العامل .
- لون خيط التمييز .
- طول البكرة .
- طول البكرة .
- التاريخ .
- الوردية .

<u>مرحله ضبط الجودة على مرحله التجميع وحدات (POURTIER) :</u>

1- التاكد من ان بكر الكواد (الجدل الرباعى)الذى تم تجميعه على ماكينه السيتك مقبول ومختوم بختم الجوده .

2- التاكد من ترتيب الالوان .
3- التاكد من اتجاه خطوه الجدل Z– S .
4- التاكد من اتجاه الدوران مع او ضد عقارب الساعة .
5- قياس طول خطوه الجدل .
6- قياس قطر اليونت .
7- قياس خطوه واتجاه خيط التمييز .

رابعا : ملرحله حقن الجيلى (Jelly filling) :

فى هذه المرحله يتم حقن الوحدات (UNIT) مقاس 50 او 100 جوز بماده الجيلى (احد المواد البتروليه)التى تمنع سريان الماء فى الكابل فى حاله حدوث انهيار فى الغلاف اثناء عمليه مد الكابلات .

مرحله ضبط الجوده على مرحلة حقن الجيلى (Jelly filling) :

وتتم هذه العمليه على ماكينه حقن الجيلى بحيث يتم التأكد من وجود الجيلى باليونت وخاصة فى الطبقات الداخلية لليونت .

بعد نزول بكره اليونت من على ماكينة الجيلى يت وضع كارت انتاج عليها ومدون به

- رقم امر التصنيع
- مقاس اليونت
- اسم العامل
- لون اليونت

- طول البكرة
- التاريخ
- الوردية

يتم ارسال البكرة الى الاختبارات الموصلية (continuity) (حيث ان الاختبارات الكهربيه تمت من قبل على مرحله الجدل الرباعى) ويتم التأكد من عدم حدوث اى قطع او تلامس بين فرعات اليونت .

فى حاله اجتياز مرحلة اختبار الموصليه يتم ختم كارت الانتاج بختم فنى الاختبارات المختص (TESTED NO OK .)
وذلك لتشغيل البكرة فى مرحلة الانتاج التالية.

خامسا: مرحله التجميع كابل (DT2400) :

فى هذه المرحله يتم تجميع كابل من الوحدات (unit) مقاس 50 او 100 جوز التى تم انتاجها على ماكينات
(pourtier) DT1400 او DT650 طبقا للترتيب الخاص بالمواصفة .

مرحله ضبط الجوده على مرحله التجميع كابل (DT2400) :

1- التاكد من ان بكر اليونت (مقاس 50 او 100جوز) مقبول ومختوم بختم الجودة .

2- التاكد من ترتيب اليونت .
3- التاكد من اتجاه خطوط الجدل S – Z .
4- التاكد من اتجاه الدوران مع او ضد عقاب الساعة .
5- قياس طول خطوة الجدل .
6- قياس قطر الكابل
7- التاكد من وجود نسبة ركوب (overlap) لشريط البوليستر الذى تم وضعه على الكابل .

بعد نزول البكره من على ماكينة التجميع يتم وضع كارت انتاج عليها ومدون به

- رقم امر التصنيع
- مقاس الكابل
- اسم العامل
- طول البكرة
- الوردية

سادسا:الغلاف

فى هذه المرحلة يتم عمل غلاف للكابل بماده البولى ايثلين الاسود مع وضع شريط الومنيوم طوليا بطول الكابل
ويتم ذلك على ماكينه الغلاف
حيث يتم وضع طبقة من الغلاف بسماكة معينه طبقا للمواصفة ويتم التبريد باستخدام المياه وبعد ذلك يتم كتابة
رساله على الكابل تحتوى على اسم الشركة ومقاس الكابل ومواصفه الكابل وترقيم مترى بطول الكابل وتاريخ الانتاج

ويتم بعد ذلك ارسال الكابل الى قسم الاختبارات لعمل جميع القياسات الكهربية المطلوبة طبقا للمواصفه.

مرحله اختبار الكابل فى المرحله النهائية

ويتم فى المرحلة النهائيه للاختبار قياس الاتى لجميع خطوط الكابل :

1- قياس قيمه المقاومه الكهربيه لكل خط على حدة (R1 & R2) .
2- قياس قيمه فروق المقاومه الكهربيه لكل خط على حده(DR1 & DR2) .
3- قياس قيمة السعه الكهربيه لكل خط على حدة (C1 & C2) .
4- قياس قيمة السعه الكهربيه لكل كواد على حدة (K1) .
5- قياس قيمة فروق السعه الكهربيه لكل كواد والكوادات الموجوده حوله (K9 ,K10 ,K11 ,K12) .
6- قياس قيمه فروق السعه الكهربيه لكل كواد والارضى (E1 ,E2) .
7- قياس قيمة مقاومه العزل insulation resistace لفرعات الكابل

يتم طباعه sheet به جميع الاختبارات التامه على الكابل وبه بيانات الكابل من المقاس والطول ورقم المواصفة وتاريخ الاختبار وفنى الاختبار .

بعد ذلك يتم تسليم البكره الى المخازن بعد وضع رقم للبكره حتى يمكن استرجاع جميع البيانات الخاصه بالبكرة من بدايه تصنيعها .